

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-202354

(43)Date of publication of application : 04.08.1998

(51)Int.Cl.

B22D 17/32  
// B22D 17/02

(21)Application number : 09-010834

(71)Applicant : UBE IND LTD

(22)Date of filing : 24.01.1997

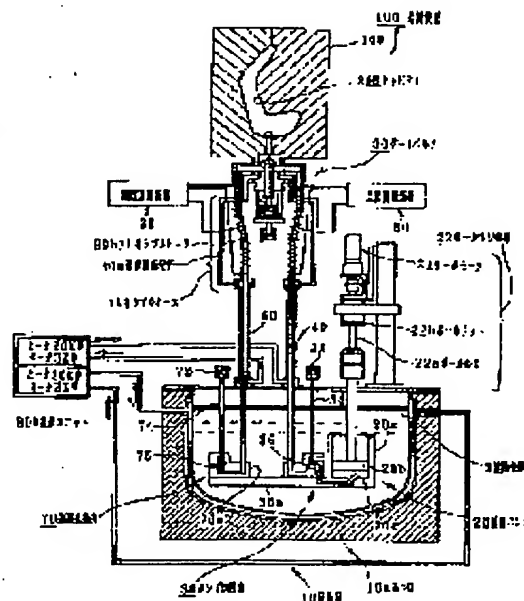
(72)Inventor : MIZUNAGA YASUO  
MITSUYOSHI HIROAKI

## (54) INJECTION CONTROL METHOD AND INJECTION CONTROL DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To carry out the casting with good reproducibility by a simple control and to obtain a high quality formed product by supervising torque variation of a servo motor, detecting the completion of filling into a cavity in a die, executing the torque control of the servo motor after completing the filling and controlling the pressurizing force to the molten metal.

**SOLUTION:** A valve body 36 of a pump switching valve 30 is raised to the upper limit and a piston 20b of a molten metal supplying pump 20 is lowered and the molten metal in a cylinder 20a is filled into the cavity in the die through a supplying piping 40 and a gate valve 50. After completing the filling, the torque control of the servo motor 21 is executed for a fixed time to control the pressurizing force of the molten metal. After detecting the completion of filling, the servo motor 21 is changed over from a speed control to the torque control to control the injection pressure into arbitrarily changeable and good repeatable. By this method, the rising of molten metal surface in the cavity in the die can be controlled to little entrapment of the air and with good reproducibility and the uniform, stable and good formed product can be produced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the injection control method of injecting molten metal to a cavity. the metal mold of forming equipments, such as a die-casting machine, -- with the holding furnace of molten metal The injection pump which drives with a servo motor through a ball screw, and discharges molten metal from this holding furnace, the metal mold of the molten metal discharged from this injection pump -- with the gate valve which controls a free passage and interception into a cavity it has the duct which connects this gate valve with this injection pump, and this gate valve is opened for free passage -- making -- this -- metal mold, in case molten metal is injected to a cavity In order to control the injection speed to a cavity, speed control of the aforementioned servo motor is performed. this -- metal mold -- until molten metal is full to a cavity -- the metal mold of molten metal -- torque change of this servo motor -- supervising -- this -- metal mold -- the injection control method which the completion of restoration to a cavity is detected, and the torque control of this servo motor is performed after this completion of restoration, and controlled the welding pressure to molten metal

[Claim 2] the metal mold of forming equipments, such as a die-casting machine characterized by providing the following, -- the injection control unit which injects molten metal to a cavity The holding furnace of molten metal. The injection pump which drives with a servo motor through a ball screw, and discharges molten metal from this holding furnace. the metal mold of the molten metal discharged from this injection pump -- the gate valve which controls a free passage and interception into a cavity The control unit which manages control of the duct which connects this gate valve with this injection pump, and this gate valve and this servo motor, and performs temperature management of molten metal in the aforementioned holding furnace.

---

[Translation done.]

**INJECTION CONTROL METHOD AND INJECTION CONTROL DEVICE**

Patent Number: JP10202354  
Publication date: 1998-08-04  
Inventor(s): MIZUNAGA YASUO; MITSUYOSHI HIROAKI  
Applicant(s): UBE IND LTD  
Requested Patent: ☐ JP10202354  
Application Number: JP19970010834 19970124  
Priority Number(s):  
IPC Classification: B22D17/32  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To carry out the casting with good reproducibility by a simple control and to obtain a high quality formed product by supervising torque variation of a servo motor, detecting the completion of filling into a cavity in a die, executing the torque control of the servo motor after completing the filling and controlling the pressurizing force to the molten metal.

**SOLUTION:** A valve body 36 of a pump switching valve 30 is raised to the upper limit and a piston 20b of a molten metal supplying pump 20 is lowered and the molten metal in a cylinder 20a is filled into the cavity in the die through a supplying piping 40 and a gate valve 50. After completing the filling, the torque control of the servo motor 21 is executed for a fixed time to control the pressurizing force of the molten metal. After detecting the completion of filling, the servo motor 21 is changed over from a speed control to the torque control to control the injection pressure into arbitrarily changeable and good repeatable. By this method, the rising of molten metal surface in the cavity in the die can be controlled to little entrapment of the air and with good reproducibility and the uniform, stable and good formed product can be produced.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-202354

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月4日

(51) IntCl.<sup>8</sup>

B 2 2 D 17/32

識別記号

F I

B 2 2 D 17/32

B

H

B

// B 2 2 D 17/02

17/02

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-10834

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月24日

(71) 出願人 000000206

宇部興産株式会社

山口県宇部市西本町1丁目12番32号

(72) 発明者 水永 康雄

山口県宇部市大字小串字沖の山1980番地

宇部興産株式会社機械・エンジニアリング

事業本部内

(72) 発明者 三吉 博晃

山口県宇部市大字小串字沖の山1980番地

宇部興産株式会社機械・エンジニアリング

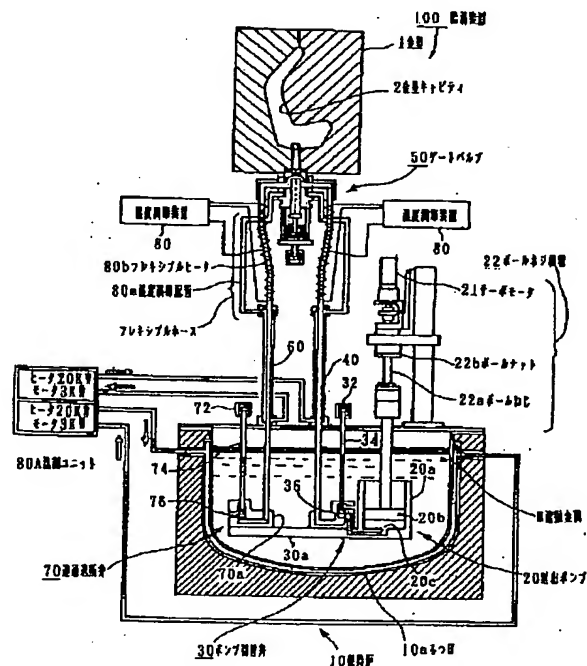
事業本部内

(54) 【発明の名称】 射出制御方法および射出制御装置

(57) 【要約】

【課題】 煩雑な制御をすることなく比較的簡単な制御で、広範囲の金型において、安価に高品質の金属あるいは合金の成形品を得ることができる射出制御方法および射出制御装置を提供する。

【解決手段】 ダイカストマシンなどの成形装置の金型キャビティへ熔融金属を射出する射出制御方法であって、熔融金属の保持炉と、ボールネジを介してサーボモータで駆動され熔融金属を該保持炉から排出する射出ポンプと、該射出ポンプから排出された熔融金属の金型キャビティ内への連通・遮断を制御するゲートバルブと、該射出ポンプと該ゲートバルブを連結する管路を備えており、該ゲートバルブを連通させ該金型キャビティへ熔融金属を射出する際、該金型キャビティへ熔融金属が充填されるまでは熔融金属の金型キャビティへの射出速度を制御するため前記サーボモータの速度制御を行ない、該サーボモータのトルク変動を監視して該金型キャビティへの充填完了を検知し、該充填完了以降は、該サーボモータのトルク制御を行なって熔融金属への加圧力を制御するようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ダイカストマシンなどの成形装置の金型キャビティへ熔融金属を射出する射出制御方法であって、

熔融金属の保持炉と、ボールネジを介してサーボモータで駆動され熔融金属を該保持炉から排出する射出ポンプと、該射出ポンプから排出された熔融金属の金型キャビティ内への連通・遮断を制御するゲートバルブと、該射出ポンプと該ゲートバルブを連結する管路を備えており、

該ゲートバルブを連通させ該金型キャビティへ熔融金属を射出する際、該金型キャビティへ熔融金属が充填されるまでは熔融金属の金型キャビティへの射出速度を制御するため前記サーボモータの速度制御を行ない、

該サーボモータのトルク変動を監視して該金型キャビティへの充填完了を検知し、

該充填完了以降は、該サーボモータのトルク制御を行なって熔融金属への加圧力を制御するようにした射出制御方法。

【請求項2】 ダイカストマシンなどの成形装置の金型キャビティへ熔融金属を射出する射出制御装置であって、

熔融金属の保持炉と、ボールネジを介してサーボモータで駆動され熔融金属を該保持炉から排出する射出ポンプと、該射出ポンプから排出された熔融金属の金型キャビティ内への連通・遮断を制御するゲートバルブと、該射出ポンプと該ゲートバルブを連結する管路と、該ゲートバルブと該サーボモータの制御を司り、かつ、前記保持炉内に熔融金属の温度管理を行なう制御装置を備えた射出制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ダイカストマシン、または、樹脂の射出成形に用いられる金属中子を備えた成形装置に使用される熔融金属の射出制御方法および射出制御装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、アルミニウム合金やマグネシウム合金等の熔融金属を、ダイカストマシンなどの成形装置の金型キャビティへ射出するには、密閉された系で熔融金属の保持炉から成形装置の金型キャビティ内に供給される場合がある。このとき、保持炉から金型キャビティへ至る熔融金属の管路は一系統であり、金型キャビティへの接続部にはノズルと呼ばれる機器が設けられており、ノズルを通じて熔融金属は金型キャビティ内へ充填されていた。また、これらの従来の保持炉では、保持炉から金型キャビティへ熔融金属を供給する方法は、保持炉内に備えられた油圧シリンダで射出ポンプを駆動していた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のように、油圧シリンダで射出ポンプを駆動して保持炉内の熔融金属を金型キャビティへ供給する方法では、油圧シリンダのピストンロッド前進速度の変速段数に制約が生じるばかりでなく、変速の応答性や昇圧時間、圧力の設定段数などに関し制御性が悪く、再現性の高い射出制御の達成が困難であった。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決するために、本発明においては、第1の発明では、ダイカストマシンなどの成形装置の金型キャビティへ熔融金属を射出する射出制御方法であって、熔融金属の保持炉と、ボールネジを介してサーボモータで駆動され熔融金属を該保持炉から排出する射出ポンプと、該射出ポンプから排出された熔融金属の金型キャビティ内への連通・遮断を制御するゲートバルブと、該射出ポンプと該ゲートバルブを連結する管路を備えており、該ゲートバルブを連通させ該金型キャビティへ熔融金属を射出する際、該金型キャビティへ熔融金属が充填されるまでは熔融金属の金型キャビティへの射出速度を制御するため前記サーボモータの速度制御を行ない、該サーボモータのトルク変動を監視して該金型キャビティへの充填完了を検知し、該充填完了以降は、該サーボモータのトルク制御を行なって熔融金属への加圧力を制御するようにした。

【0005】また、第2の発明では、ダイカストマシンなどの成形装置の金型キャビティへ熔融金属を射出する射出制御装置であって、熔融金属の保持炉と、ボールネジを介してサーボモータで駆動され熔融金属を該保持炉から排出する射出ポンプと、該射出ポンプから排出された熔融金属の金型キャビティ内への連通・遮断を制御するゲートバルブと、該射出ポンプと該ゲートバルブを連結する管路と、該ゲートバルブと該サーボモータの制御を司り、かつ、前記保持炉内に熔融金属の温度管理を行なう制御装置を備えた構成とした。

## 【0006】

【発明の実施の形態】本発明の射出制御方法や射出制御装置では、油圧シリンダに代えて、制御性のよい電動サーボモータで射出ポンプを駆動するようにしたから、金型キャビティ形状に応じて射出速度を任意に変更することが容易で、空気の巻き込みが少ない金型キャビティ内の湯面上昇を再現性よく制御することが可能となる。また、金型キャビティへの熔融金属の充填完了をサーボモータへ作用する負荷トルクにて検知するが可能となる。そして、充填完了検知後は、サーボモータを速度制御からトルク制御に切替え、射出圧力を所望の圧力に任意に設定可能で、かつ、再現性も非常によいから、均質な安定した良好な成形品を生産できる。このように、本発明では、射出速度および射出圧力に関して、油圧駆動や空気圧駆動方式に比べて非常に再現性よく鑄造が可能となり、品質差が少なくバラツキの無い高品質の鑄造品を得

ることができる。

【0007】

【実施例】以下図面に基づいて本発明の実施例の詳細について説明する。図1～図4はいずれも本発明の実施例に係り、図1は射出制御装置（給湯装置）の全体構成図、図2は射出制御装置に制御系統図、図3はゲートバルブの油圧回路図、図4はゲートバルブの動作説明図である。

【0008】図1、図2に示すように、射出制御装置

（給湯装置）100は、溶融金属Mを貯溜し保持する保持炉10と保持炉10内に浸漬された射出ポンプ（給湯ポンプ）20およびポンプ切替弁30と溶融金属Mの供給ラインとなる供給管路40と溶融金属Mの連通・遮断を制御するゲートバルブ50とゲートバルブ50から保持炉10へ溶融金属Mを戻す戻り管路60と保持炉10内に浸漬された戻り管路用の連通遮断弁70と供給管路40および戻り管路60を保温する温度調節装置80と保持炉10や上述の管路40、60を保温する温調ユニット80Aならびに制御装置200とで構成される。

【0009】保持炉10は、金属容器に溶融金属を貯溜し、上部の開口部を被覆したうえ熱媒体で周囲を加熱保温するようになっており、給湯ポンプ20は、この保持炉10内の溶融金属に浸漬されて配置され、上方が開口され下端面が密閉された筒状のシリンダ20a内にピストン20bがサーボモータ21とボールねじ22aを介して上下方向摺動自在に配設され、シリンダ20aの下端面の穿設された透孔20cはポンプ切替弁30に接続される。ポンプ切替弁30は、保持炉10に連通するポートと前記透孔20cに接続するポートと供給管路40へ連通するポートを有するボディ30aの内部に、流体圧シリンダ32の作動により上下方向に昇降する弁棒34の下端の弁体36を昇降してこれらの各ポートを連通遮断するよう構成されたものである。

【0010】ポンプ切替弁30のボディ30aのポートのひとつに接続された供給管路40は、固定配管とこれに接続されるフレキシブル管を経由してゲートバルブ50に連絡される。ゲートバルブ50は、図3に示すように、円柱状のバルブ本体51の内部の透孔に、加圧シリンダ50bのピストンロッドの連結された加圧ブランジャ50aが嵌装され軸方向に摺動自在に形成され、一方、バルブ本体51に連結されたドッキングシリンダ52の作動によってゲートバルブ50全体が前進（上昇方向）あるいは後退（下降方向）できるように構成されている。そして、バルブ本体51上部の側面に左右一対の開口部が設けられ、それぞれ供給管路40と戻り管路60に接続されている。

【0011】一方、ゲートバルブ50のもうひとつの開口部には、フレキシブル管とこれに接続された固定配管からなる溶融金属に戻り管路60が接続され、保持炉10内に浸漬された連通遮断弁70を経由して保持炉10

内の溶融金属に連通している。ゲートバルブ50には温調ユニット80Aによって供給される熱媒体が通過する温度調節配管80aが備えられる。ゲートバルブ50は、図3に示す油圧回路によって制御される。連通遮断弁70は、上述したポンプ切替弁30と同様に、ボディ30aに固設されたボディ70a内に戻り管路60に接続されるポートと保持炉内の溶融金属に連通するポートを穿設し、その途中に流体圧シリンダ72の作動により上下方向に昇降する弁棒74の下端の弁体76を昇降してこのポートを連通遮断するよう構成されている。また、供給管路40や戻り管路60は、固定配管は内部に溶融金属を通し外側を熱媒体を通過させる二重管とし、二重管とするには困難なフレキシブル管は単管としたままその外側をフレキシブルヒータ80bで加熱保温する。なお、流体圧シリンダ32と流体圧シリンダ72は、通常は油圧シリンダよりも空気圧シリンダを使用する。

【0012】一方、制御装置200は、パーソナルコンピュータで形成されたコントローラ210と、コントローラ210とサーボモータ21との中間に接続されたコンバータ220a、カウンタボード220b、P I Oボード220cおよびサーボアンプ220と、コントローラ210～ゲートバルブ50間ならびにコントローラ210～温度調節装置80間に配設されたA Dコンバータ230、複数のトランスミッタ230a、熱電対240とで構成され、サーボモータ21やゲートバルブ50に操作指令を発振して制御するとともに、溶融金属Mの温度管理を司る。

【0013】図3は、ゲートバルブ50を駆動操作する油圧系統図で、加圧ブランジャ50aの動作の加圧シリンダ50bとゲートバルブ50の全体を昇降させるドッキングシリンダ52の両方に、それぞれ流量調整弁54a、54b、電磁弁56a、56b、減圧弁58a、58bを介して油圧源59および油タンク59aが油圧配管で接続される。

【0014】このように構成された本発明の給湯装置100の作動について、図1～図4を参照しながら、以下に順を追って説明する。

①まず、ポンプ切替弁30内の弁体36を下降限まで下げ、供給管路40のポートを閉じ保持炉内と透孔20cを繋ぐポートを開いてから、サーボモータ21を駆動してボールネジ機構22を介して射出ポンプ（給湯ポンプ）20のピストン20bを上昇させてシリンダ20a内に規定量の溶融金属Mを吸引し取り込む。このとき、連通遮断弁70も弁体76を下降限まで下げ、戻り管路60と保持炉10内の連通を遮断しておく。

【0015】②次に、ゲートバルブ50を金型方向に前進させ、ゲートバルブ50の先端（上端）を金型キャビティ2のランナ部へ押圧し、金型1にゲートバルブ50を密着させる（この工程が、図4のドッキング工程であ

る)。

③ゲートバルブ50の加圧ブランジャ50aを後退させる。

④ポンプ切替弁30の弁体36を上昇限まで上げ、給湯ポンプ20のピストン20bを下げてシリンダ20a内の熔融金属Mを供給管路40ならびにゲートバルブ50を経由して金型キャビティ内へ充填する(図4の射出工程)。

⑤充填完了後は一定時間サーボモータ21のトルク制御を行ない熔融金属の加圧力を制御する(図4の保圧工程)。

【0016】⑥金型キャビティのランナ部の未凝固金属を回収する方法は、ゲートバルブ50が保持炉湯面より高い場合(図1の場合)には、ポンプ切替弁30を閉状態(弁体36下降)にし連通遮断弁70を連通状態(弁体76上昇)にしたまま、加圧ブランジャ50aを下げて、ランナ部の未凝固金属を戻り管路60で自重による自然落下させて保持炉10内へ戻す(図4の未凝固金属回収工程)。

【0017】⑦ゲートバルブ50が保持炉湯面より低い場合における金型キャビティのランナ部の未凝固金属を回収する方法は、連通遮断弁70を閉じ、ポンプ切替弁30の弁体36を上昇させて供給管路40と給湯ポンプ20を連通し、加圧ブランジャ50aを下げてピストン20bを上昇して供給管路40に吸引力を働かせて供給管路40を通じて保持炉10内へ戻す(図4の未凝固金属回収工程)。

【0018】⑧1回のショットが完了し、金型を開いて製品を取り出したり、次ショットのための離型剤塗布などの待時間にも、熔融金属Mを循環させたいときには、ゲートバルブ50を金型から後退退避させてから、加圧ブランジャ50aを前進位置に保持して、熔融金属Mを供給管路40→ゲートバルブ50→戻り管路60の順に保持炉10内へ流す。

⑨未凝固金属回収工程がタイマアウトした後は、ゲートバルブ50の加圧ブランジャ50aを前進限まで上昇させ、供給管路40や戻り管路60にある熔融金属Mがゲートバルブ50より漏れ出さないようにする(図4のゲート遮断工程)。なお、⑧において、ピストン20bが下降限に達して輸送能力がなくなったときには、熔融金属Mの循環を一時ストップして⑩と同様な手順により、ピストン20bを上昇させてシリンダ20a内に熔融金属Mを取り込む。

【0019】以上説明したように、本発明では、射出ポンプ(給湯ポンプ)20のピストン20bの昇降を、油圧シリンダに代えて、制御性のよい電動サーボモータ21で行なうようにしたから、金型キャビティ2の形状に応じて射出速度を任意に変更することが容易で、空気の巻き込みが少ない金型キャビティ内の湯面上昇を再現性よく制御することが可能となる。また、金型キャビティ

2への熔融金属Mの充填完了をサーボモータ21へ作用する負荷トルクを監視し検知することが可能となる。さらに、充填完了検知後は、サーボモータ21を速度制御からトルク制御に切替え、射出圧力を所望の圧力に任意に可変可能で、かつ、再現性も非常によいから、均質な安定した良好な成形品を生産できる。このように、本発明では、射出速度および射出圧力に関して、油圧駆動や空気圧駆動方式に比べて非常に再現性よく鑄造が可能となり、品質差が少なくバラツキの無い高品質の鑄造品を得ることができる。また、ゲートバルブ50によって給湯ポンプ20から供給された熔融金属Mの金型キャビティ2内への連通・遮断を制御するため、金型キャビティ2内へ熔融金属Mを充填しない場合にはゲートバルブ50を閉じることができるので、熔融金属Mは大気に晒されることが無い。また、管路内圧は配管抵抗により大気圧よりも高く保持することができ、ゲートバルブ50のシール部分から空気が流入することもない。したがって、熔融金属Mが酸化されることはなく、金属の酸化による損耗、酸化物による摺動部分の損傷および中子の品質劣化等を最小に抑えることができる。

【0020】また、金型内に熔融金属Mを充填しないときに、熔融金属Mを保持炉10→ゲートバルブ50→保持炉10の順路で循環させるため、ゲートバルブ50への管路40、60の保温設備は従来に比べて大幅に簡略化される。したがって、ゲートバルブ50の金型への取付位置等の制約は大幅に緩和される。熔融金属Mを循環させていることにより、ヒータによる金属の過熱劣化も防止することができることになる。

【0021】さらに、金型キャビティ内に熔融金属Mを充填しない場合には、ゲートバルブ50を閉じることができ、熔融金属Mは大気に晒されることが無いため、ゲートバルブ50と保持炉湯面との位置関係の制約が無く、従来行なっていた湯面変動を制御する必要も無くなる。

【0022】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の給湯装置においては、金型キャビティの形状に応じて射出速度を任意に変更することが容易で、空気の巻き込みが少ない金型キャビティ内の湯面上昇を再現性よく制御することが可能となる。また、金型キャビティへの熔融金属の充填完了をサーボモータへ作用する負荷トルクを監視し検知することができる。さらに、充填完了検知後は、サーボモータを速度制御からトルク制御に切替え、射出圧力を所望の圧力に任意に可変可能で、かつ、再現性も非常によいから、均質な安定した良好な成形品を生産できる。したがって、本発明では、射出速度および射出圧力に関して、油圧駆動や空気圧駆動方式に比べて非常に再現性よく鑄造が可能となり、品質差が少なくバラツキの無い高品質の鑄造品を得ることができる。よって、煩雑な制御をすることなく比較的簡単な制御で、広範囲の金型に

において、安価に高品質の低融点合金の成形品を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る射出制御装置（給湯装置）の全体構成図である。

【図2】本発明の実施例に係る射出制御装置に制御系統図である。

【図3】本発明の実施例に係る射出制御装置のゲートバルブの油圧回路図である。

【図4】本発明の実施例に係る射出制御装置のゲートバルブの動作説明図である。

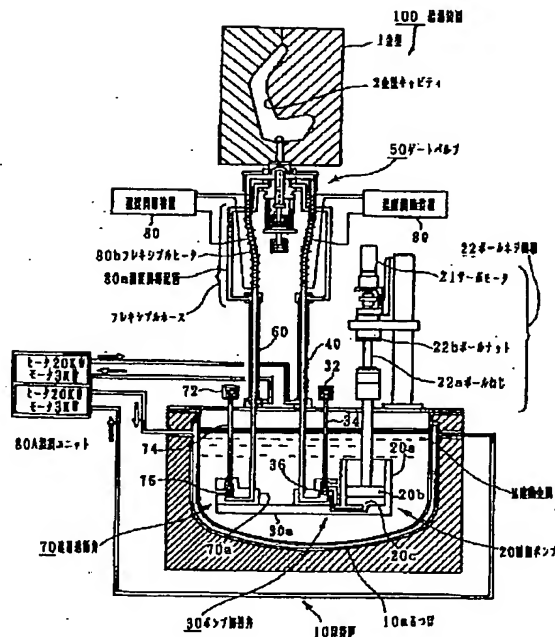
【符号の説明】

- 1 金型
- 2 金型キャビティ
- 10 保持炉
- 10a ろつば
- 20 給湯ポンプ
- 20a シリンダ
- 20b ピストン
- 20c 透孔
- 21 サーボモータ
- 22 ボールネジ機構
- 22a ボールねじ
- 22b ボールナット
- 30 ポンプ切替弁
- 30a ボディ

- \* 32 流体圧シリンダ
- 34 弁棒
- 36 弁体
- 40 供給管路
- 50 ゲートバルブ
- 50a 加圧ブランジャ
- 50b 加圧シリンダ
- 51 バルブ本体
- 52 ドッキングシリンダ
- 54a、54b 流量調整弁
- 56a、56b 電磁弁
- 58a、58b 減圧弁
- 59 油圧源
- 59a 油タンク
- 60 戻り管路
- 70 連通遮断弁
- 72 流体圧シリンダ
- 74 弁棒
- 76 弁体
- 20 80 温度調節装置
- 80A 温調ユニット
- 80a 温度調節配管
- 80b フレキシブルヒータ
- 100 給湯装置
- M 溶融金属

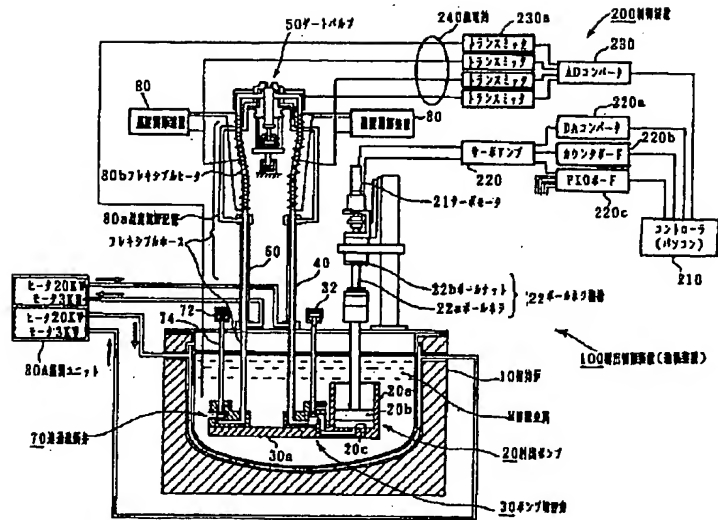
\*

【図1】

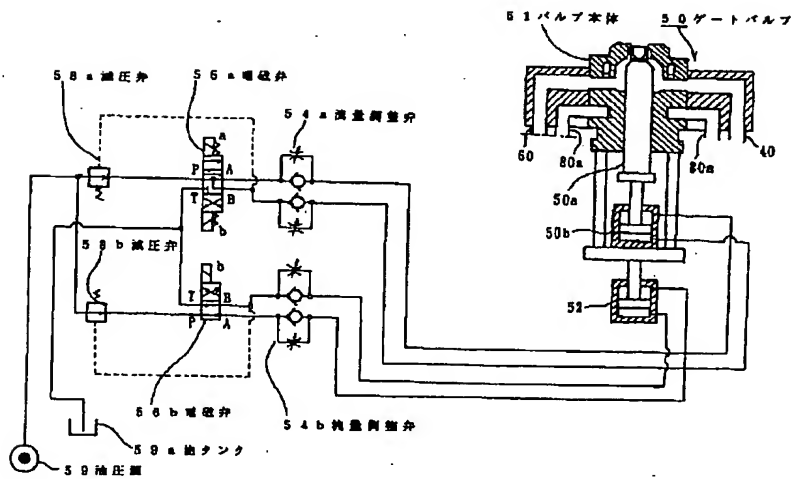




【図2】



【図3】



【図4】

